

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-140700

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl. G06T 1/00
H04N 1/60
H04N 1/46
H04N 9/68
// H04N101:00

(21)Application number : 2000-336394

(71)Applicant : KEIOGIGUKU

(22)Date of filing : 02.11.2000

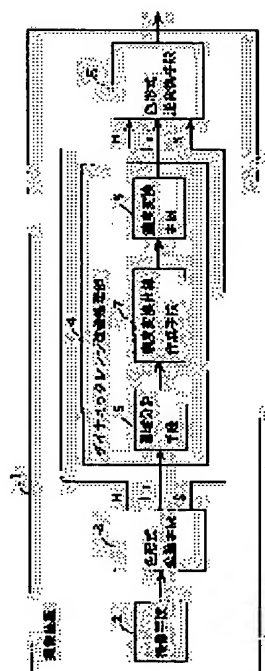
(72)Inventor : NAKAJIMA MASATO
ANDO SHINGO
IMAI SATOKO

(54) METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING COLOR IMAGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To automatically reduce information volume disappearing at the time of outputting color picture data generated by an electronic image pickup device to a monitor or a printer.

SOLUTION: A color image processor is provided with a color type conversion means 3 for generating a lightness image of hue/saturation/lightness space regulated by a cylindrical coordinate system from a primary color image, an area division means 6 for analyzing the texture of the lightness image and dividing the lightness image into plural areas on the basis of the analytical result, a density conversion curve preparation means 7 for preparing the density conversion curve of the lightness image by smoothing the histogram of each divided area, a density conversion means 8 for converting the density of the lightness image by using the density conversion curve, and a color type reverse conversion means 5 for generating a primary color image by using the lightness image whose density is converted.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.04.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3543103

[Date of registration] 16.04.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-009142

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 22.05.2003

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The step which generates the lightness image of the hue / saturation / lightness space standardized by the cylindrical coordinate system from a color primary color image, The step which analyzes the texture of said lightness image and divides said lightness image into two or more fields based on said analysis result, The color picture art characterized by having the step which performs concentration conversion of said lightness image by graduating said divided histogram for every field, and the step which generates a color primary color image for said concentration conversion using a carrier beam lightness image.

[Claim 2] The color picture art according to claim 1 characterized by defining the 1st clip value which creates the gray level histogram for said every field, and determines the degree of smoothing of said histogram based on the dispersion condition of the concentration of each field when graduating said histogram.

[Claim 3] The color picture art according to claim 2 which is characterized by defining said 1st clip value using the complexity of the texture of each field in addition to the dispersion condition of the concentration of each field.

[Claim 4] The color picture art according to claim 2 characterized by combining with said 1st clip value the 2nd clip value which the degree of histogram smoothing of each field is weakened [2nd], and changes the brightness of the whole field to homogeneity, and using it.

[Claim 5] A means to generate the lightness image of the hue / saturation / lightness space standardized by the cylindrical coordinate system from a color primary color image, A means to analyze the texture of said lightness image and to divide said lightness image into two or more fields based on said analysis result, The color picture processor characterized by having a means to perform concentration conversion of said lightness image by graduating said divided histogram for every field, and a means to generate a color primary color image for said concentration conversion using a carrier beam lightness image.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the approach and equipment which improve especially a dynamic range about the suitable color picture art and suitable processors for an electronic image pickup device, such as a video camera and a digital camera.

[0002]

[Description of the Prior Art] If the face of the scene, for example, the person who used the aperture as the back indoors, in which a very bright part and a very dark part are intermingled is picturized with an electronic image pickup device, and the image is displayed on a monitor or is outputted by the printer, a very bright part will skip, or a very dark part will be crushed, and the phenomenon in which the details information which must have been acquired is no longer reproduced will occur in the image sensor of an electronic image pickup device. This originates in the dynamic range of image output units, such as a monitor and a printer, being narrower than the dynamic range of the image outputted from an electronic image pickup device.

[0003] Various approaches are proposed in order to reduce disappearance of the above details information conventionally. For example, the average luminance of each block is computed by dividing an input image into the block of the shape of two or more tetragonal lattice, and the gradation compensator and the gradation amendment approach of image pick-up equipment which were divided based on this average luminance of having been made to perform gradation amendment for every field are indicated by patent No. 2951909.

[0004] However, it sets to the above-mentioned patent No. 2951909. The texture A from which brightness changes stair-like within limits with brightness width of face narrow in order to perform field division of an input image based on the average luminance of a block as shown in drawing 19 (a) When the texture B from which brightness changes stair-like within limits with wide brightness width of face as shown in this drawing (b) adjoins, it is considered that both are the same fields and gradation amendment is performed using the same gradation correction curve. For this reason, there was a possibility that the very bright part of Texture B may skip when said gradation correction curve is set up the the best for Texture A, or a very dark part might be crushed. Moreover, when said gradation correction curve was set up the the best for Texture B, there was a possibility that a stair-like brightness change of Texture A might no longer be reproduced.

[0005] Then, the artificer of this invention etc. divided the input image into two or more fields previously, is the dynamic range automatic compression approach of performing different concentration transform processing for every field of the, and analyzed the texture of an input image, and the dynamic range automatic compression approach characterized by determining said field based on the analysis result was proposed (Heisei 11 patent application No. 333205). According to this dynamic range automatic compression approach, as compared with the conventional approach, it is effective in the ability to reduce disappearance of useful information.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention offers the approach and equipment for

applying the automatic compression approach of the above-mentioned dynamic range to a color picture.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The step to which the color picture art concerning this invention generates the lightness image of the hue / saturation / lightness space standardized by the cylindrical coordinate system from a color primary color image, The step which analyzes the texture of said lightness image and divides said lightness image into two or more fields based on said analysis result, It is characterized by having the step which performs concentration conversion of said lightness image, and the step which generates a color primary color image for said concentration conversion using a carrier beam lightness image by graduating said divided histogram for every field. By this configuration, comparable improvement processing is simultaneously attained also to a saturation value by performing dynamic range improvement processing to a lightness value.

[0008] Moreover, when graduating said histogram, the gray level histogram for said every field is created, and it is characterized by defining the 1st clip value which determines the degree of smoothing of said histogram based on the dispersion condition of the concentration of each field. By this configuration, even if a concentration part with high frequency is in a gray level histogram, too much contrast stretching can be prevented.

[0009] Furthermore, in addition to the dispersion condition of the concentration of each field, it is characterized by defining said 1st clip value using the complexity of the texture of each field. By this configuration, the superfluous contrast stretching processing to the field containing a body with few concentration differences can be prevented.

[0010] And it is characterized by combining with said 1st clip value the 2nd clip value which the degree of histogram smoothing of each field is weakened [2nd], and changes the brightness of the whole field to homogeneity, and using it. By this configuration, the degree of contrast stretching can be weakened and it can be made the brightness homogeneity of the whole field.

[0011] Moreover, a means by which the color picture processor of this invention generates the lightness image standardized by the cylindrical coordinate system from a color primary color image, A means to analyze the texture of said lightness image and to divide said lightness image into two or more fields based on said analysis result, It is characterized by having a means to perform concentration conversion of said lightness image, and a means to generate a color primary color image for said concentration conversion using a carrier beam lightness image by graduating said divided histogram for every field. Thus, by constituting, comparable improvement processing is simultaneously attained also to a saturation value by performing dynamic range improvement processing to a lightness value.

[0012]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, it explains to a detail, referring to a drawing about the gestalt of operation of this invention.

[0013] (Gestalt of the 1st operation) Drawing 1 is the block diagram showing the configuration of the 1st of the image pick-up equipment of the gestalt of operation of this invention, and drawing 2 is flow drawing showing the outline of the flow of the processing in the image pick-up equipment.

[0014] As shown in drawing 1 , image pick-up equipment 1 is equipped with the image pick-up means 2, the color formal conversion means 3, the dynamic range improvement processing section 4, and the color formal inverse transformation means 5.

[0015] The image pick-up means 2 is equipped with semi-conductor image sensors, such as CCD, picturizes a photographic subject, generates the primary color color picture information on RGB, and outputs it to the color formal conversion means 3.

[0016] The color formal conversion means 3 changes RGB primary color color picture information into the image information of the HSI space which consists of the hue (H:hue) and saturation (S:saturation) which are called a color appearance system, and lightness (I:intensity), as shown in step S1 of drawing 2 .

[0017] The model which matches RGB space and HSI space performs conversion according [various ****] to a congruence hexagon-head drill color model here. The concept of a

congruence hexagon-head drill color model is explained using drawing 3. (a) of this drawing shows setting out of the lightness shaft in RGB space, (b) shows the situation of the projection to a vertical field to a lightness shaft, and (c) shows the HSI space of the congruence hexagon-head drill after the projection.

[0018] In each pixel of a color picture, a HSI value is computed by using the above-mentioned congruence hexagon-head drill color model from a RGB value. Lightness information (lightness value) expresses the component of the brightness of a color picture, and is in agreement with the monochrome image information generated from color picture information.

[0019] And with the gestalt of operation of the 1st of this invention, as shown in drawing 4, the HSI space which standardized the congruence hexagon-head drill color model by the cylindrical coordinate system is adopted, and it uses for RGB→HSI conversion and HSI→RGB conversion. Hereafter, an example of the algorithm of RGB→HSI conversion and HSI→RGB conversion is explained.

[0020] Considering the cube which touches three shafts, in a RGB rectangular coordinate system, R, G, B, and its complementary color C, M, and Y are in physical relationship as shown in drawing 3 (a). The lightness shaft I is set as the main pair square axis of this RGB cube, the black of I=0 and the top-most vertices of another side are made into the white of I=1 for one top-most vertices, and it is $I = (\max\{R, G, B\} + \min\{R, G, B\})/2$.

[0021] Here, if parallel projection of the RGB cube is carried out to the flat surface which intersects perpendicularly with an I-axis, a forward hexagon as shown in drawing 3 (b) will be formed. On the other hand, Hue H and saturation S are defined like drawing 3 (c) on the flat surface which intersects perpendicularly with an I-axis. Hereafter, the conversion approach is shown. However, the range of R, G, B, S, and I shall be [0, 1], and H shall have the value of [0, 2pi].

[0022] [1] A degree type defines RGB→HSI conversion **** and I.

$I = (\max\{R, G, B\} + \min\{R, G, B\})/2$ [0023] however, $I_{\max} = \max\{R, G, B\}$

$I_{\min} = \min\{R, G, B\}$

[0024] i) $I_{\max} = I_{\min}$ It solves and is an S=0H= indeterminate [0025]. ii) $I_{\max} \neq I_{\min}$ It solves and S is defined as follows.

At the time of $I \leq 0.5$: $S = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$

At the time of $I > 0.5$: $S = (I_{\max} - I_{\min}) / (2 - I_{\max} - I_{\min})$

[0026] Next, r, g, and b are defined as follows.

$r = (I_{\max} - R) / (I_{\max} - I_{\min})$

$g = (I_{\max} - G) / (I_{\max} - I_{\min})$

$b = (I_{\max} - B) / (I_{\max} - I_{\min})$

[0027] Finally H is defined as follows.

$R = I_{\max}$ At the time: $H = \pi/3 (b - g)$

$G = I_{\max}$ At the time: $H = \pi/3 (2 + r - b)$

$B = I_{\max}$ At the time: $H = \pi/3 (4 + g - r)$

[0028] [2] HSI→RGB conversion ****, M1, and M2 It asks as follows.

At the time of $I \leq 0.5$: $M2 = I - (1 + S)$

At the time of $I > 0.5$: $M2 = I + S - I - SM1 = 2I - M2$ [0029] i) It is $R = G = B = 1$ [0030] at the time of $S = 0$.

ii) At the time of $S \neq 0$, as **:processing #1 $h = H + (2/3)\pi$, processing #2 mentioned later are performed and R is defined as follows using the acquired value X.

$R = X$ [0031] Processing #2 later mentioned as $h = H$ are performed, and G is defined as follows using the acquired value X.

$G = X$ [0032] As $h = H - (2/3)\pi$, processing #2 mentioned later are performed and B is defined as follows using the acquired value X.

$B = X$ [0033] **: — processing #2 — first — ha It sets as follows.

It is :ha = $h - 2\pi$ [0034] at the time of :ha = $h + 2\pi$ $h > 2\pi$ at the time of $ha = h < 0$. Next, ha X is defined as follows with a value.

It is $X = M1 + (M2 - M1)$ and $ha / (\pi/3)$ at the time of $ha < \pi/3$.

[0035] $(\pi/3)$ It is $X = M2$ [0036] at the time of $\leq ha < \pi$. $\pi \leq ha$ It is $X = M1 + (M2 - M1) - (4/3)(\pi - ha) / (\pi/3)$ at the time of $< (4/3)\pi$.

[0037] (4/3) $P_i \leq h_a$ It is $X=M1$ [0038] at the time of $\angle 2\pi$. Thus, if the HSI space standardized by the cylindrical coordinate system is used, comparable amendment will be simultaneously attained also to saturation information (saturation value) only by compressing a dynamic range to lightness information. This point is explained using drawing 5. Drawing 5 is drawing showing the response relation of the flat surface and congruence hexagon-head drill color model which pass along the I-axis and S shaft of the HSI space standardized by the cylindrical coordinate system. the HSI space standardized by the cylindrical coordinate system as shown in this drawing — setting — a lightness value — $I1$ from — $I2$ if concentration conversion is carried out, at the same time it will carry out a lightness value change in a congruence hexagon-head drill color model — a saturation value — $S1$ from — $S2$ It is changed.

[0039] Lightness value I_i which is the output of the color formal conversion means 3 It is inputted into the dynamic range improvement processing section 4. The dynamic range improvement processing section 4 is the lightness value I_i , as shown in step S2 of drawing 2. It receives and predetermined dynamic range improvement processing is performed.

[0040] As shown in drawing 1, the dynamic range improvement processing section 4 consists of a field division means 6, a concentration conversion curvilinear creation means 7, and a concentration conversion means 8. And as shown in drawing 6, the concentration conversion curvilinear creation means 7 consists of the gray-level-histogram creation means 11, the entropy calculation means 12, the edge degree calculation means 13, the contrast actuation clip value decision means 14, the concentration shift actuation clip value decision means 15, a 1st clipping means 16, a 2nd clipping means 17, and an accumulation histogram creation means 18.

[0041] The field division means 6 performs field division and spatial quantization of a field boundary to the inputted lightness image as shown in steps S21-S22 of drawing 7. First, at step S21, the texture of an input image is analyzed and an input image is divided into two or more fields based on this analysis result. LOG shown in the following formula [1] with the gestalt of operation of the 1st of this invention (Laplacian Of Gaussian) The filtering processing which calculates a filter in an input image has determined the field. The result of having carried out field division of the image shown in drawing 8 (a) is shown in drawing 8 (b).

[0042]

[Equation 1]

$$\nabla^2 \times G(x,y) = \frac{1}{\pi \sigma^4} \left[1 - \frac{r^2}{2 \sigma^2} \right] \exp \left[\frac{-r^2}{2 \sigma^2} \right] \cdots \text{式 [1]}$$

[0043] Here, it differs from the result of the field division by the texture analysis, and the result which human being looked at the same image and did field division manually in many cases. Therefore, if the result of the field division by the above-mentioned texture analysis is used as it is, the part from which it differs as a result of both will be sensed unnatural for human being's eyes.

[0044] So, with the gestalt of operation of the 1st of this invention, in the following step S22, and some resolution is quantized for the result of the above-mentioned field division analyzed per pixel. As shown in drawing 8 (c), an input image is divided into a square block and, specifically, it determines whether to have responded to the pulse duty factor of a field and to belong to the field of a gap about the square block applicable to the result of the field division shown in this drawing (b), and the boundary of superposition and a field. Thereby, the result of the field division shown in drawing 8 (b) is quantized as shown in this drawing (d).

[0045] The image data spatially quantized with the field division means 6 is inputted into the gray-level-histogram creation means 11 within the concentration conversion curvilinear creation means 7. With the gray-level-histogram creation means 11, as shown in step S23 of drawing 7, a gray level histogram is created for every field.

[0046] With the concentration conversion curvilinear creation means 7, fundamentally, a gray level histogram is created for every field, then, an accumulation histogram is created for every field, and concentration conversion is performed using the accumulation histogram. However,

only by this primitive operation, since the value of an accumulation histogram changes rapidly in a concentration part with the high frequency of a gray level histogram when the accumulation histogram shown in this drawing (b) is created from the gray level histogram shown, for example in drawing 9 (a) and it carries out concentration conversion of the input concentration $li0$ at the output concentration $lo0$, contrast will be emphasized too much.

[0047] So, with the gestalt of operation of the 1st of this invention, too much contrast stretching is prevented by introducing the 1st clip value. That is, as shown in drawing 10 (a), the 1st clip value CL is set up to a gray level histogram, and the part above the 1st clip value CL is clipped and taken out. And as shown in drawing 10 (b), total is equalized and the part which carried out [above-mentioned] the clip is arranged to the original gray-level-histogram down side. That is, the average value of total of the histogram of the part beyond the 1st clip value CL is the bias value of a gray level histogram. Curve A1 of drawing 10 (c) It is the accumulation histogram created from the gray level histogram before clipping, and is a curve A2. It is the accumulation histogram created from the gray level histogram after a clip. The abrupt change of the value of an accumulation histogram is lost by clipping so that clearly from the comparison of two curves. Therefore, the situation where contrast is emphasized too much is prevented. When the 1st clip value CL is large, the degree of smoothing of a gray level histogram is large here, and when the 1st clip value CL is small, the degree of smoothing of a gray level histogram is small.

[0048] Here, the need of already graduating a gray level histogram in order [that dispersion in the concentration value of a gray level histogram is large / to which details information cannot disappear easily even if it will output with the narrow image output unit of a dynamic range about the large field of a dynamic range, if it puts in another way] to show in drawing 11 (a) is small. Since a possibility that details information may disappear is large on the other hand when dispersion in the concentration value of a gray level histogram as shown in drawing 11 (b) outputs with the narrow image output unit of a dynamic range about the narrow field of a dynamic range small, it is necessary to graduate a gray level histogram and to open a dynamic range.

[0049] So, with the gestalt of operation of the 1st of this invention, the dispersion condition of the concentration value of a gray level histogram is searched for for every field, and the clip value CL which influences the degree of smoothing of a gray level histogram is determined according to this dispersion condition. The entropy calculation means 12 computes Entropy H using following formula [2], and, specifically, the 1st clip value CL is calculated using the property shown in drawing 11 (c).

[0050]

[Equation 2]

$$E = \sum_{n=0}^N \{-p(n)\log p(n)\} \quad \cdots \text{式 [2]}$$

$p(n)$: 濃度 n の出現頻度

[0051] Superfluous processing may be performed if the clip value which is the degree of smoothing of a histogram is determined only in the dispersion condition of the concentration value of a gray level histogram at this time in the case of empty or a field like Shirakabe which contains a body with few concentration differences in the whole from the first. So, with the gestalt of operation of the 1st of this invention, the complexity of a texture is considered and a clip value is re-determined.

[0052] The edge extract result acquired by the operation with the LOG filter proposed as a way method of the field division here as an index which shows the complexity of theque CHISUCHA is used. If a sigma value (space constant) performs filtering processing which calculates the LOG filter of two kinds of size in an image, the edge extract image which changes with magnitude of the sigma value will be acquired. As a result, an example is shown in drawing 12. The field surrounded by the thick wire of an upper right portion in (a) of this drawing and (b) shows empty. About the part which human being sees and does not have a concentration difference, the difference in the number of edges of the image in that field has little empty etc. irrespective of

the size of a sigma value so that clearly from this drawing. Then, this description is adopted as a value showing the complexity of a texture, the following formulas [3] re-determine a clip value, and the degree of smoothing is made small about the small field of the difference in the number of edges.

[0053]

[Equation 3]

$$CL_{\text{new}} = CL_{\text{old}} \times \left[1 - \frac{\text{edge}_{\text{small}}}{\text{edge}_{\text{large}}} \right] \quad \dots \text{式 [3]}$$

[0054] It sets at this ceremony and is CLold. The clip value and CLnew which were determined only based on the dispersion condition of the concentration in a field The clip value and edgesmall which were determined newly, and edgelarge A sigma value is the number of edges in smallness and an adult field, respectively. Here, it is computed by the edge degree calculation means 13, and edgesmall and edgelarge are CLnew. It is computed by the contrast actuation clip value decision means 14. And a clip is performed by the 1st clipping means 16.

[0055] Since smoothing of a histogram which was explained above and which is performed for every field is the technique of the contrast stretching in an image processing originally, it may induce an unnatural result depending on the class of the texture. Human being's skin is raised as an example. When it applies to a color picture especially, the difference of the color becomes remarkable and a result in which ** and others is conspicuous is brought. So, with the gestalt of operation of the 1st of this invention, in order to prevent disappearance of the information which weakens the degree of smoothing of a histogram, i.e., the degree of contrast stretching, and is produced in the case of an output, the 2nd clip value is introduced as the technique of performing brightness amendment of a field.

[0056] The 2nd clip value is set to the lower part of a gray level histogram. As shown in drawing 13 (a), it sets to all the concentration values of a gray level histogram, and it is the 2nd clip value CL 2. The following parts are removed and the total is added to the frequency of the minimum concentration value (0) or the maximum concentration value (255). In addition, drawing 13 (b) showed the case where it added to the minimum concentration value. And using the gray level histogram clipped in this way, an accumulation histogram is created and let what normalized it be a concentration conversion curve. Curvilinear A3 of drawing 13 (c) It is the accumulation histogram created from the gray level histogram before clipping, and is curvilinear A4. It is the accumulation histogram created from the gray level histogram after a clip. The result of the degree of contrast stretching having become weaker and having changed to the brightness homogeneity of the whole field can be obtained by introducing the 2nd clip value so that the configuration of this concentration conversion curve may show. Here, the 2nd clip value is determined by the concentration shift actuation clip value decision means 15, and a clip is performed by the 2nd clipping means 17. It is suitable for the 2nd clip value to give the 1st clip value and proportionality.

[0057] And an accumulation histogram is created by the accumulation histogram creation means 18 using the gray level histogram clipped with the 1st clipping means 16 and the 2nd clipping means 17. The actuation from the entropy calculation means 12 explained above to the 1st clipping means 16 and the 2nd clipping means 17 corresponds to step S24 of drawing 7, and actuation of the accumulation histogram creation means 18 corresponds to step S25.

[0058] The concentration conversion curve created with the accumulation histogram creation means 18 is outputted to the concentration conversion means 8. The concentration conversion means 8 performs concentration conversion of each pixel in a field by making a different accumulation histogram for every field into a concentration conversion curve, as shown in step S26. However, in order to make it the boundary of a field not become discontinuous, the following linear interpolation processings are performed about each pixel within the square block applicable to a boundary.

[0059] Block B1 with which this pixel belongs the concentration value of an attention pixel as shown in drawing 14 (a) And three nearby block B-2s, B3, and B4 Concentration conversion is

carried out using each concentration conversion curve, and it is the concentration value g_1 after conversion, g_2 , g_3 , and g_4 . It obtains. Next, based on the following formula [4], the concentration value g after linear interpolation (x, y) is computed. That is, said concentration value g_1 , g_2 , g_3 , and g_4 . According to the distance to an attention pixel, weighting is carried out from the core of four blocks B_1 , B_2 , B_3 , and B_4 .

[0060]

[Equation 4]

$$g(x,y) = \frac{j-i}{j} \left\{ \frac{1-i}{1} g_1 + \frac{i}{1} g_2 \right\} + \frac{j}{j} \left\{ \frac{1-i}{1} g_3 + \frac{i}{1} g_4 \right\} \quad \cdots \text{式 [4]}$$

[0061] The lightness image information Io_1 which was outputted from the concentration conversion means 8 and to which concentration transform processing was performed is inputted into the color formal inverse transformation means 5. The color formal inverse transformation means 5 generates the RGB primary color color picture information that the dynamic range has been improved, using said lightness image information Io_1 , the hue information H which is the output of the color formal conversion means 3, and the saturation information S , as shown in step S4 of drawing 2. This color picture information is inputted into the printer and monitor which are not illustrated, and is printed or displayed.

[0062] (Gestalt of the 2nd operation) When the gestalt of operation of the 2nd of this invention brings a lightness value close to the level of the center of the lightness range, it is the description to open the dynamic range of saturation and to raise the visibility of an image.

[0063] Drawing 15 is the block diagram showing the configuration of the 2nd of the image pick-up equipment of the gestalt of operation of this invention, and drawing 16 is flow drawing showing the outline of the flow of the processing in the image pick-up equipment. In these drawings, the sign same identically to drawing 1 or drawing 2 as the sign used for the corresponding component in those drawings was attached.

[0064] As the gestalt of operation of the 2nd of this invention shows to drawing 15, and the saturation emphasis processing section 21 and a selector 22 are formed and it is shown in step S3 of drawing 16, it is the description to perform lightness information processing for saturation information amendment, and other configurations and actuation are the same as the gestalt of operation of the 1st of this invention mentioned above.

[0065] The lightness information processing for saturation information amendment adds the following processings to a lightness value, in order to open the dynamic range of the vividness information on a color. Processing for which a lightness value is moved in the direction where the dynamic range of a saturation value becomes larger is performed, so that it is separated from the I -axis in the cylindrical coordinate system of drawing 4 when the saturation value has a certain amount of magnitude that is,. By this processing, when a saturation value is to some extent large, the vividness of a color can raise the visibility of an image by becoming more intelligible. Here, it is the direction which brings a lightness value close to one half of maximums (it is 128 when the range of a lightness value is 0-255) as the approach the dynamic range of a saturation value becomes larger as shown in drawing 17. Specifically, in the case of $I < 128$, in the case of $I \geq 128$, a lightness value is computed [with the saturation information processing section 21] by the following formula [6] to each pixel with the following formula [5] again.

[0066]

$Io_2 = I_i + (S \times \text{delta max})$ — Formula [5]

[0067]

$Io_2 = I_i - (S \times \text{delta max})$ — Formula [6]

[0068] Setting at these ceremony, Io_2 is a lightness value after migration, and I_i . The original lightness value and S are a saturation value and deltamax . It is migration maximum. Therefore, a

formula [5] and [6] are migration maximum Δ_{max} to the saturation value S with the value of 0-1. After multiplying, it adds, when the original lightness value is smaller than 128, and when large, it means lengthening. An example in $K < 128$ was shown in drawing 18.

[0069] The formula [5] or the lightness value Io_2 of [6] computed in the saturation emphasis processing section 21 is inputted into a selector 22 with the lightness value Io_1 which the same processing as the gestalt of the 1st operation was performed by the dynamic range improvement processing section 4, and was outputted. And it is adopted as a lightness value Io_3 whose way more near 128 is the pixel, and is inputted into the color formal inverse transformation means 5.

[0070] Thus, according to the gestalt of operation of the 2nd of this invention, in addition to the effectiveness of the gestalt of the 1st operation, when a saturation value is to some extent large, the visibility of an image can be raised by becoming more intelligible about the vividness of a color.

[0071] In addition, this invention is not limited to the gestalt of the operation explained above, and various deformation is possible for it. For example, in the gestalt of implementation of the above 1st, in order to shorten the time amount which the above-mentioned RGB→HSI conversion and HSI→RG conversion take, you may process like following the (1) - (3).

[0072] (1) Compute the lightness value I from a RGB value, and save a RGB value simultaneously.

(2) Perform dynamic range improvement processing to a lightness value.

[0073] A RGB color picture is re-computed based on the RGB value saved by (3) and (1). That is, it is different not to compute saturation information and hue information. The color picture data after processing are the same as the gestalt of the 1st operation.

[0074]

[Effect of the Invention] As explained to the detail above, according to the color picture art and processor of this invention, comparable improvement processing is simultaneously attained also to a saturation value by performing dynamic range improvement processing to the lightness value of the hue / saturation / lightness space standardized by the cylindrical coordinate system.

[0075] Moreover, even if a concentration part with high frequency is in a gray level histogram by introducing the 1st clip value according to the color picture art of this invention, too much contrast stretching can be prevented.

[0076] Furthermore, according to the color picture art of this invention, the superfluous contrast stretching processing to the field containing a body with few concentration differences can be prevented by considering the complexity of the texture of each field and determining the 1st clip value.

[0077] And according to the color picture art of this invention, by introducing the 2nd clip value, the degree of contrast stretching can be weakened and it can be made the brightness homogeneity of the whole field.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram showing the configuration of the 1st of the image pick-up equipment of the gestalt of operation of this invention,

[Drawing 2] Flow drawing showing the outline of the flow of the color picture processing in the image pick-up equipment of drawing 1 ,

[Drawing 3] Drawing for explaining a congruence hexagon-head drill color model,

[Drawing 4] Drawing for explaining the HSI space standardized by the cylindrical coordinate system,

[Drawing 5] Drawing showing the response relation of the HSI space and the congruence hexagon-head drill color model which were standardized by the cylindrical coordinate system,

[Drawing 6] The block diagram showing the configuration of the concentration conversion curvilinear creation means in the image pick-up equipment of drawing 1 ,

[Drawing 7] Flow drawing showing the outline of the flow of processing of the dynamic range improvement processing section in the image pick-up equipment of drawing 1 ,

[Drawing 8] Drawing for explaining actuation of the field division means in the dynamic range improvement processing section of drawing 1 ,

[Drawing 9] Drawing for explaining smoothing of a histogram,

[Drawing 10] Drawing for explaining the 1st clip value,

[Drawing 11] Drawing for explaining the decision approach of the 1st clip value,

[Drawing 12] Drawing showing the example of acquisition of the edge extract image with which sigma values differ,

[Drawing 13] Drawing for explaining the 2nd clip value,

[Drawing 14] Drawing for explaining the linear interpolation approach in a concentration conversion means,

[Drawing 15] The block diagram showing the configuration of the 2nd of the image pick-up equipment of the gestalt of operation of this invention,

[Drawing 16] Flow drawing showing the outline of the flow of the color picture processing in the image pick-up equipment of drawing 15 ,

[Drawing 17] Drawing for explaining the lightness information processing for the saturation information amendment in the image pick-up equipment of drawing 15 ,

[Drawing 18] Drawing for explaining how to realize lightness information processing of drawing 17 ,

[Drawing 19] It is drawing for explaining an approach for the conventional gradation amendment.

[Description of Notations]

3 Color Formal Conversion Means

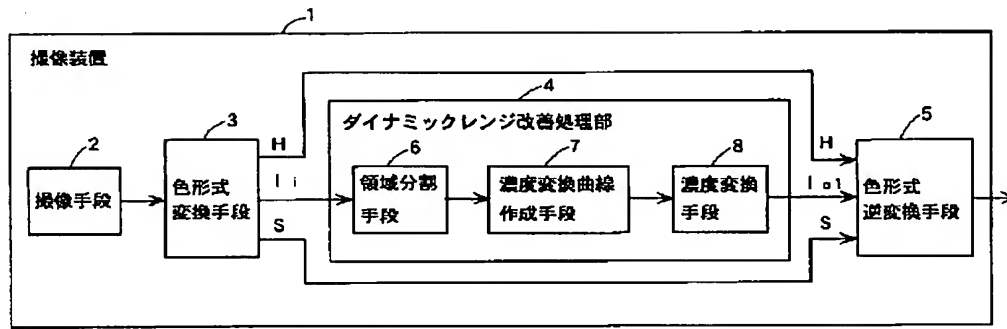
4 Dynamic Range Improvement Processing Section

5 Color Formal Inverse Transformation Means

6 Field Division Means

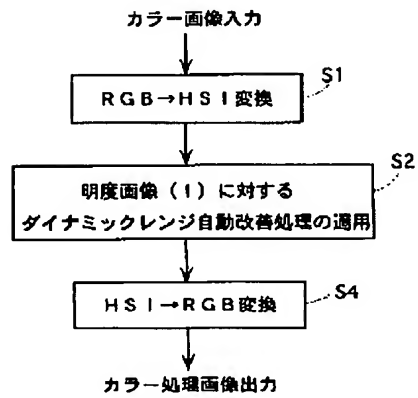
7 Concentration Conversion Curvilinear Creation Means

8 Concentration Conversion Means

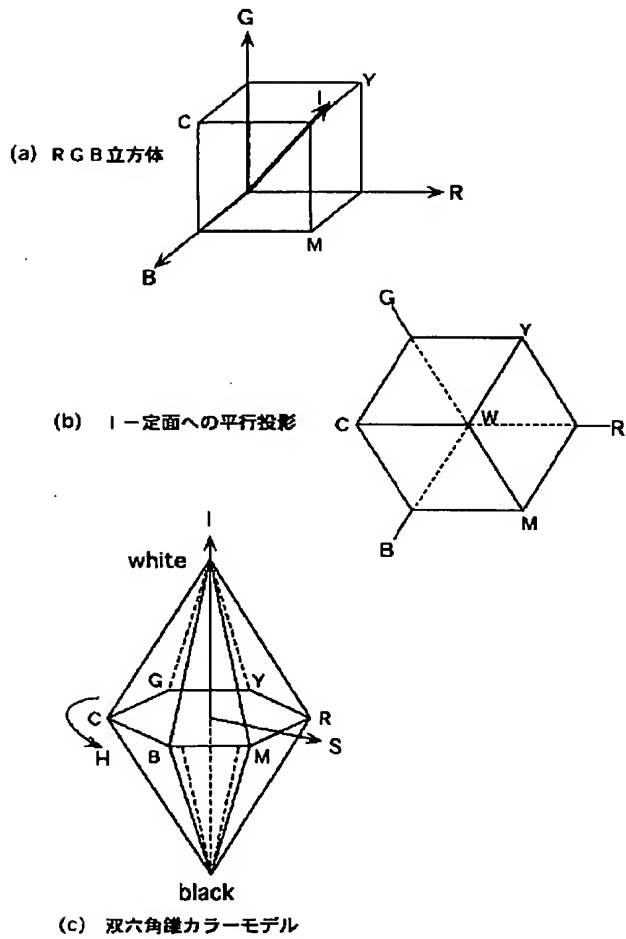
Drawing selection drawing 1

[Translation done.]

Drawing selection drawing 2

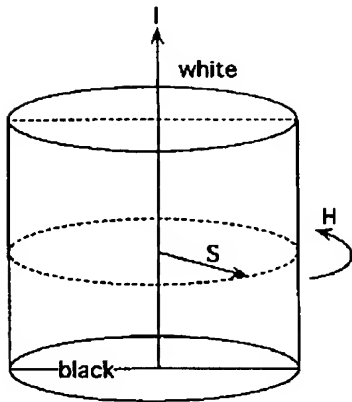


[Translation done.]

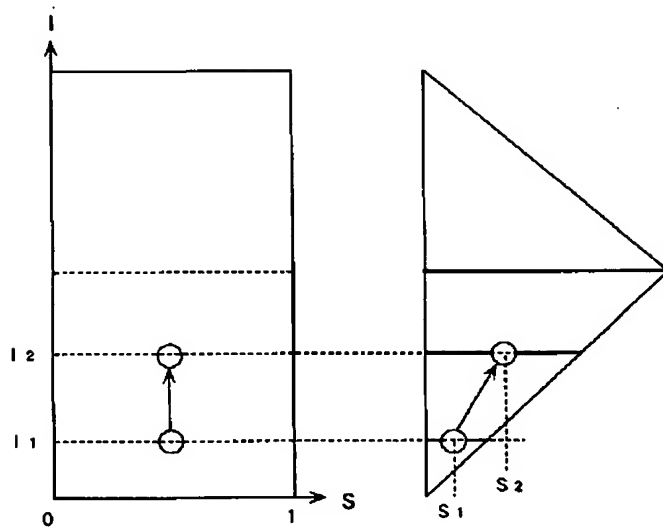
Drawing selection 

[Translation done.]

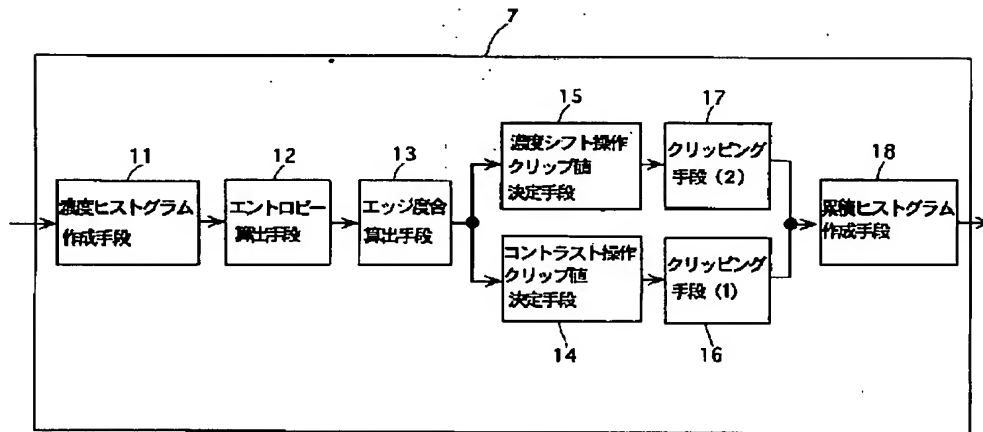
Drawing selection drawing 4



[Translation done.]

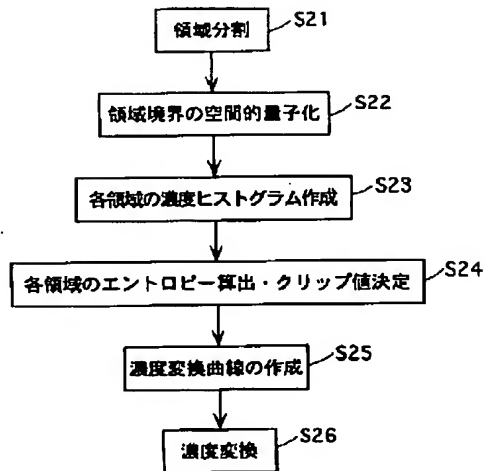
Drawing selection 

[Translation done.]

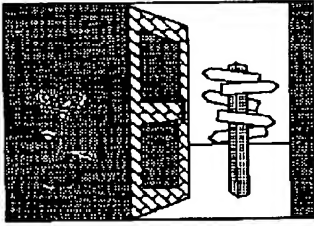
Drawing selection drawing 6

[Translation done.]

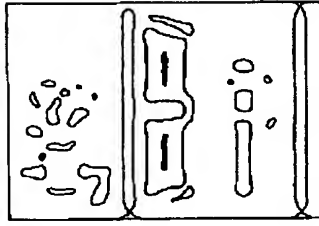
Drawing selection drawing 7



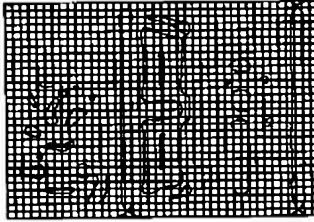
[Translation done.]

Drawing selection 

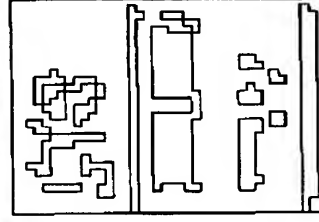
(a)



(b)

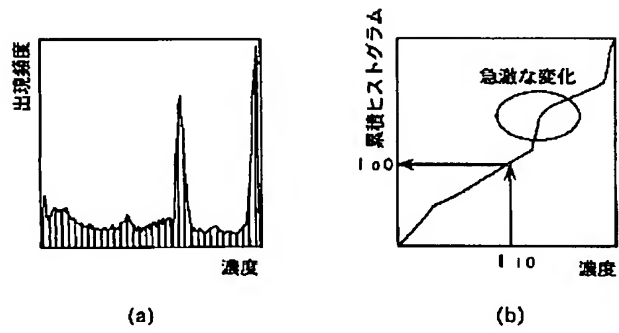


(c)

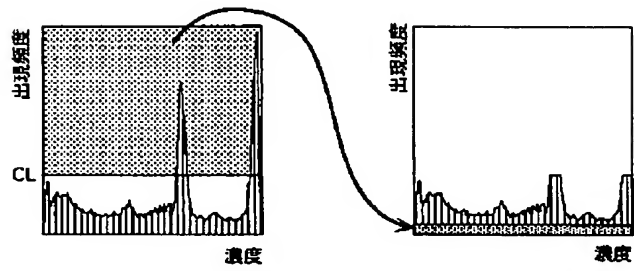


(d)

[Translation done.]

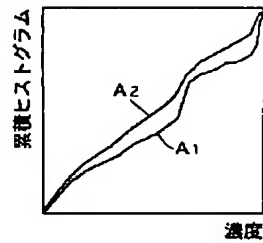
Drawing selection drawing 9

[Translation done.]

Drawing selection 

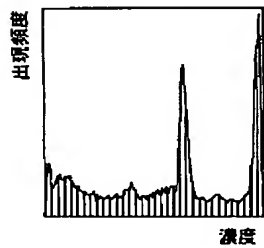
(a)

(b)

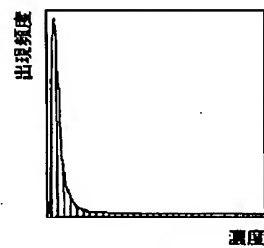


(c)

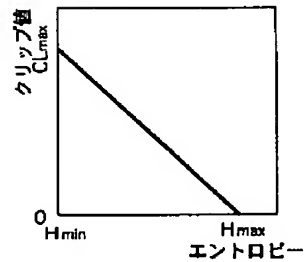
[Translation done.]

Drawing selection drawing 11

(a)



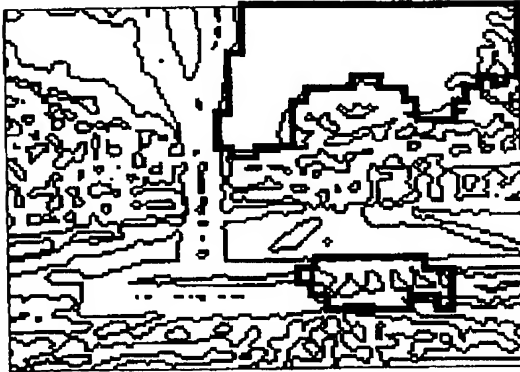
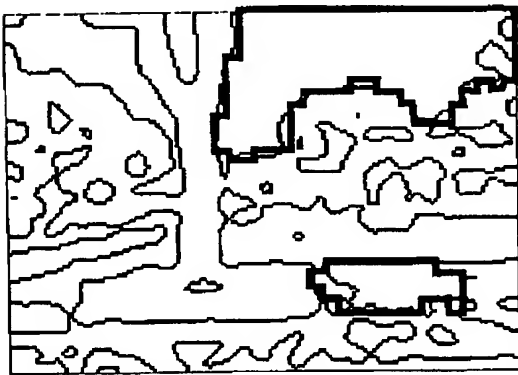
(b)



(c)

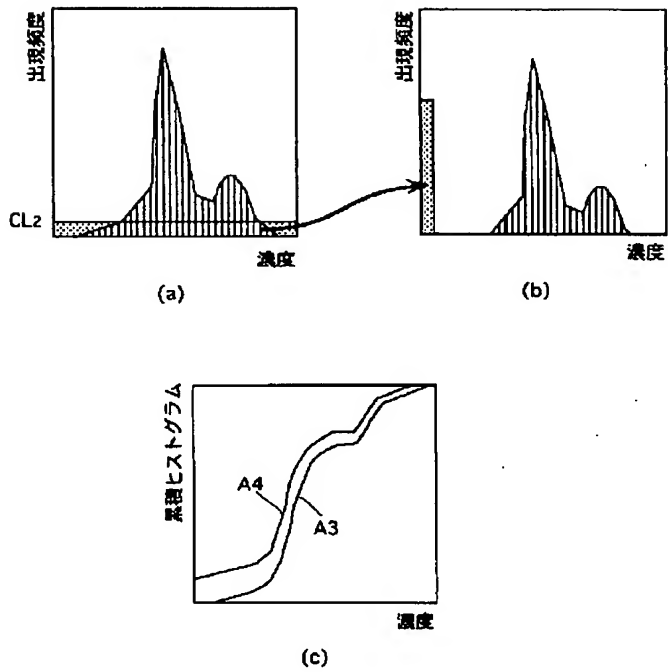
H_{min} : 全領域のエントロピーの最小値
 H_{max} : 全領域のエントロピーの最大値
 CL_{max} : 経験的に決定された値

[Translation done.]

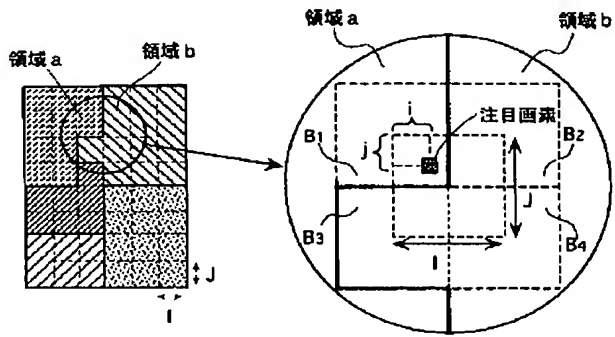
Drawing selection (a) $\sigma = 1.5$ (b) $\sigma = 3.0$

[Translation done.]

Drawing selection drawing 13

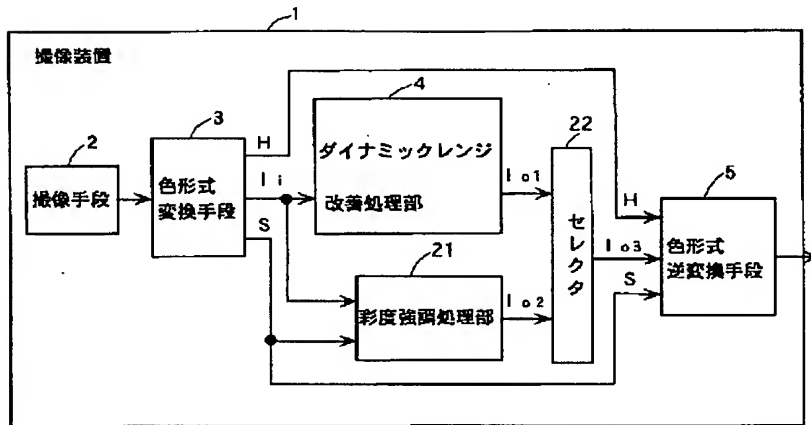


[Translation done.]

Drawing selection 

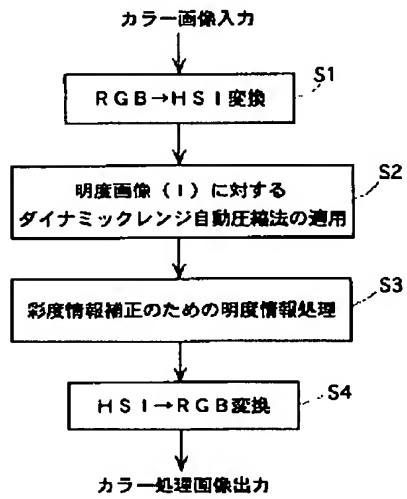
[Translation done.]

Drawing selection drawing 15



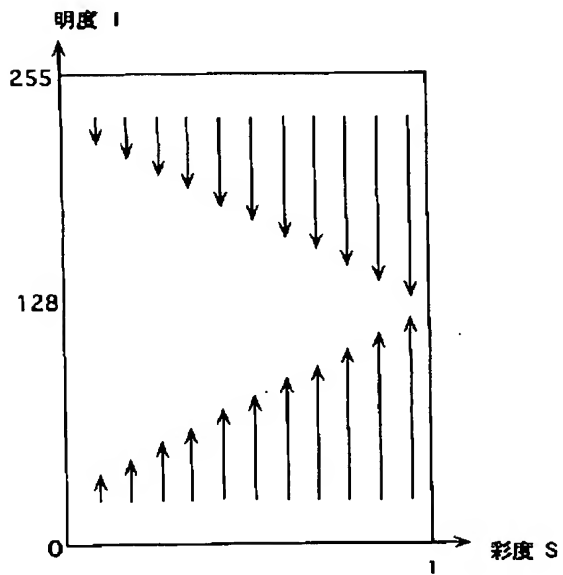
[Translation done.]

Drawing selection drawing 16

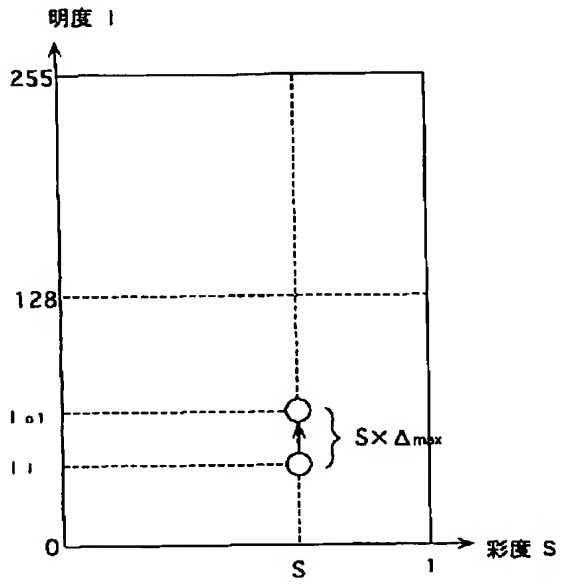


[Translation done.]

Drawing selection drawing 17

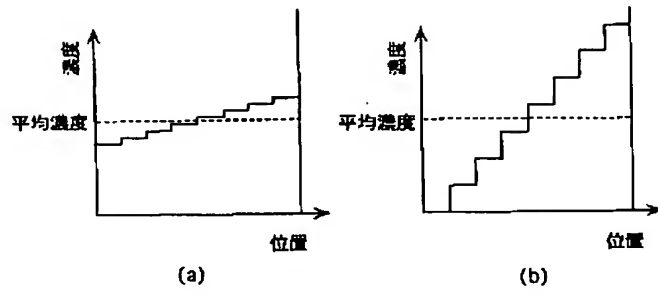


[Translation done.]

Drawing selection 

[Translation done.]

Drawing selection drawing 19



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-140700

(P2002-140700A)

(43)公開日 平成14年5月17日(2002.5.17)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
G 0 6 T 1/00	5 1 0	G 0 6 T 1/00	5 B 0 5 7
H 0 4 N 1/60		H 0 4 N 9/68	Z 5 C 0 6 6
1/46		101:00	5 C 0 7 7
9/68		1/40	D 5 C 0 7 9
// H 0 4 N 101:00		1/46	Z

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2000-336394(P2000-336394)

(22)出願日 平成12年11月2日(2000.11.2)

(71)出願人 598121341

学校法人慶應義塾

東京都港区三田二丁目15番45号

(72)発明者 中島 真人

神奈川県横浜市港北区日吉三丁目14番1号

慶應義塾大学理工学部内

(72)発明者 安藤 慎吾

神奈川県横浜市港北区日吉三丁目14番1号

慶應義塾大学理工学部内

(74)代理人 100099254

弁理士 役 昌明 (外4名)

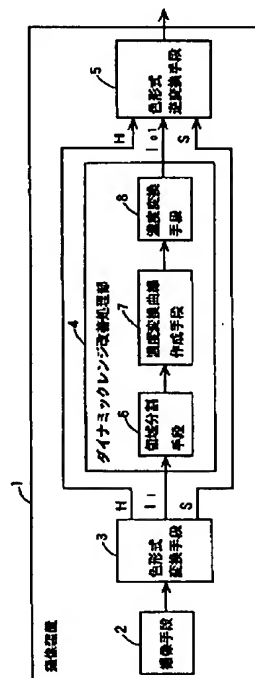
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 カラー画像処理方法および処理装置

(57)【要約】

【課題】 電子的撮像装置で生成したカラー画像データをモニタやプリンタに出力する際に消失する情報量を自動的に低減する。

【解決手段】 カラー原色画像から、円筒座標系で規格化した色相／彩度／明度空間の明度画像を生成する色形式変換手段3と、前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割する領域分割手段6と、前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換曲線を作成する濃度変換曲線作成手段7と、前記濃度変換曲線を用いて明度画像の濃度変換を行う濃度変換手段8と、前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成する色形式逆変換手段5とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 カラー原色画像から、円筒座標系で規格化された色相／彩度／明度空間の明度画像を生成するステップと、

前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割するステップと、

前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換を行うステップと、

前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成するステップとを備えたことを特徴とするカラー画像処理方法。

【請求項 2】 前記ヒストグラムを平滑化するとき、前記領域毎の濃度ヒストグラムを作成し、各領域の濃度のばらつき具合をもとに、前記ヒストグラムの平滑化の度合いを決定する第 1 のクリップ値を定めることを特徴とする請求項 1 記載のカラー画像処理方法。

【請求項 3】 各領域の濃度のばらつき具合に加え、各領域のテクスチャの複雑さを用いて前記第 1 のクリップ値を定めることを特徴とする請求項 2 記載のカラー画像処理方法。

【請求項 4】 各領域のヒストグラム平滑化の度合いを弱め、かつ領域全体の明るさを均一に変化させる第 2 のクリップ値を前記第 1 のクリップ値と併せて用いることを特徴とする請求項 2 記載のカラー画像処理方法。

【請求項 5】 カラー原色画像から、円筒座標系で規格化された色相／彩度／明度空間の明度画像を生成する手段と、

前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割する手段と、

前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換を行う手段と、

前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成する手段とを備えたことを特徴とするカラー画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ビデオカメラやデジタルカメラなどの電子的撮像装置に好適なカラー画像処理方法および処理装置に関し、特にダイナミックレンジを改善する方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】非常に明るい部分と非常に暗い部分とが混在する光景、例えば室内で窓を背にした人物の顔を電子的撮像装置で撮像し、その画像をモニタに表示したり、プリンタで出力したりすると、非常に明るい部分が跳んだり、非常に暗い部分が潰れたりして、電子的撮像装置の撮像素子では得られていたはずの細部情報が再現されなくなるという現象が起きる。これは、モニタやプリンタなどの画像出力装置のダイナミックレンジが、電

子の撮像装置から出力される画像のダイナミックレンジよりも狭いことに起因している。

【0003】従来、上記のような細部情報の消失を低減するために、種々の方法が提案されている。例えば、特許第 2951909 号には、入力画像を複数の正方格子状のブロックに分割して各ブロックの平均輝度を算出し、この平均輝度に基づいて分割された領域毎に階調補正を施すようにした撮像装置の階調補正装置および階調補正方法が開示されている。

【0004】ところが、上記特許第 2951909 号においては、入力画像の領域分割をブロックの平均輝度に基づいて行うため、例えば図 19 (a) に示すような輝度幅が狭い範囲内で輝度が階段状に変化するテクスチャ A と、同図 (b) に示すような輝度幅が広い範囲内で輝度が階段状に変化するテクスチャ B とが隣接している場合、両者が同一の領域とみなされ、同一の階調補正曲線を用いて階調補正が施される。このため、前記階調補正曲線がテクスチャ A に最適に設定された場合にはテクスチャ B の非常に明るい部分が跳んだり、非常に暗い部分が潰れたりしてしまうおそれがあった。また、前記階調補正曲線がテクスチャ B に最適に設定された場合にはテクスチャ A の階段状の輝度変化が再現されなくなるおそれがあった。

【0005】そこで、本発明の発明者等は先に、入力画像を複数の領域に分割し、その領域毎に異なる濃度変換処理を行うダイナミックレンジ自動圧縮方法であって、入力画像のテクスチャを解析し、その解析結果に基づいて前記領域を決定することを特徴とするダイナミックレンジ自動圧縮方法を提案した（平成 11 年特許願第 33205 号）。このダイナミックレンジ自動圧縮方法によれば、従来方法に比して、有用な情報の消失を低減することができるという効果がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記ダイナミックレンジの自動圧縮方法をカラー画像に適用するための方法および装置を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係るカラー画像処理方法は、カラー原色画像から、円筒座標系で規格化された色相／彩度／明度空間の明度画像を生成するステップと、前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割するステップと、前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換を行うステップと、前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成するステップとを備えたことを特徴とする。この構成により、明度値に対してダイナミックレンジ改善処理を施すことで、彩度値に対しても同時に同程度の改善処理が可能となる。

【0008】また、前記ヒストグラムを平滑化するとき

に、前記領域毎の濃度ヒストグラムを作成し、各領域の濃度のばらつき具合をもとに、前記ヒストグラムの平滑化の度合いを決定する第1のクリップ値を定めることを特徴とする。この構成により、濃度ヒストグラムに頻度の高い濃度部分があったとしても、過度のコントラスト強調を防止することができる。

【0009】さらに、各領域の濃度のばらつき具合に加え、各領域のテクスチャの複雑さを用いて前記第1のクリップ値を定めることを特徴とする。この構成により、濃度差の少ない物体を含む領域に対する過剰なコントラスト強調処理を防止することができる。

【0010】そして、各領域のヒストグラム平滑化の度合いを弱め、かつ領域全体の明るさを均一に変化させる第2のクリップ値を前記第1のクリップ値と併せて用いることを特徴とする。この構成により、コントラスト強調の度合いを弱め、かつ領域全体の明るさを均一にすることができる。

【0011】また、本発明のカラー画像処理装置は、カラー原色画像から、円筒座標系で規格化された明度画像を生成する手段と、前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割する手段と、前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換を行う手段と、前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成する手段とを備えたことを特徴とする。このように構成することにより、明度値に対してダイナミックレンジ改善処理を施すことで、彩度値に対しても同時に同程度の改善処理が可能となる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0013】（第1の実施の形態）図1は本発明の第1の実施の形態の撮像装置の構成を示すブロック図であり、図2はその撮像装置における処理の流れの概要を示すフロー図である。

【0014】図1に示すように、撮像装置1は、撮像手段2、色形式変換手段3、ダイナミックレンジ改善処理部4、および色形式逆変換手段5を備えている。

【0015】撮像手段2はCCDなどの半導体撮像素子を備えており、被写体を撮像してRGBの原色カラー画像情報を生成し、色形式変換手段3へ出力する。

【0016】色形式変換手段3は、図2のステップS1に示すように、RGB原色カラー画像情報を、顕色系と呼ばれる、色相(H:hue)、彩度(S:saturation)、明度(I:intensity)からなるHSI空間の画像情報に変換する。

【0017】RGB空間とHSI空間とを対応付けるモデルは各種あるが、ここでは双六角錐カラーモデルによる変換を行う。双六角錐カラーモデルの概念について図3を用いて説明する。この図の(a)はRGB空間にお

ける明度軸の設定を示し、(b)は明度軸に対して垂直な面に対する射影の様子を示し、(c)は射影後の双六角錐のHSI空間を示す。

【0018】カラー画像の各画素において、RGB値から上記双六角錐カラーモデルを用いることで、HSI値が算出される。明度情報(明度値)は、カラー画像の明るさの成分を表しており、カラー画像情報から生成されるモノクロ画像情報と一致する。

【0019】そして、本発明の第1の実施の形態では、図4に示すように、双六角錐カラーモデルを円筒座標系で規格化したHSI空間を採用し、RGB→HSI変換、およびHSI→RGB変換に用いている。以下、RGB→HSI変換、およびHSI→RGB変換のアルゴリズムの一例を説明する。

【0020】RGB直交座標系において、3軸に接する立方体を考えると、R、G、Bとその補色C、M、Yは図3(a)に示すような位置関係にある。このRGB立方体の主対角軸を明度軸Iとし、一方の頂点をI=0の黒、他方の頂点をI=1の白とし、

$$I = [\max\{R, G, B\} + \min\{R, G, B\}] / 2$$
と定義する。

【0021】ここで、I軸に直交する平面にRGB立方体を平行投影すると、図3(b)に示されるような正六角形が形成される。これに対し、I軸に直交する平面上で色相H、彩度Sを図3(c)のように定義する。以下、その変換方法を示す。ただし、R、G、B、S、Iの値域は[0, 1]であり、Hは[0, 2π]の値を持つものとする。

【0022】[1] RGB→HSI変換

まず、Iを次式で定義する。

$$I = (I_{\max} + I_{\min}) / 2$$

【0023】ただし、 $I_{\max} = \max\{R, G, B\}$

$I_{\min} = \min\{R, G, B\}$

【0024】i) $I_{\max} = I_{\min}$ のとき

$S = 0$

$H = \text{不定}$

【0025】ii) $I_{\max} \neq I_{\min}$ のとき

Sを以下のように定義する。

$I \leq 0.5$ のとき: $S = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$

$I > 0.5$ のとき: $S = (I_{\max} - I_{\min}) / (2 - I_{\max} - I_{\min})$

【0026】次にr、g、bを以下のように定める。

$r = (I_{\max} - R) / (I_{\max} - I_{\min})$

$g = (I_{\max} - G) / (I_{\max} - I_{\min})$

$b = (I_{\max} - B) / (I_{\max} - I_{\min})$

【0027】最後にHを以下のように定める。

$R = I_{\max}$ のとき: $H = \pi / 3 (b - g)$

$G = I_{\max}$ のとき: $H = \pi / 3 (2 + r - b)$

$B = I_{\max}$ のとき: $H = \pi / 3 (4 + g - r)$

【0028】〔2〕HSI→RGB変換

まず、 M_1 、 M_2 を以下のように求める。

$I \leq 0.5$ のとき： $M_2 = I \cdot (1+S)$

$I > 0.5$ のとき： $M_2 = I + S - I \cdot S$

$M_1 = 2I - M_2$

【0029】i) $S=0$ のとき

$R=G=B=1$

【0030】ii) $S \neq 0$ のとき

①：処理#1

$h = H + (2/3)\pi$ として、後述する処理#2を行い、得た値Xを用いてRを次のように定める。

$R=X$

【0031】 $h=H$ として後述する処理#2を行い、得た値Xを用いてGを次のように定める。

$G=X$

【0032】 $h=H - (2/3)\pi$ として、後述する処理#2を行い、得た値Xを用いてBを次のように定める。

$B=X$

【0033】②：処理#2

まず h_* を次のように定める。

$h_* = h$

$h < 0$ のとき： $h_* = h + 2\pi$

$h > 2\pi$ のとき： $h_* = h - 2\pi$

【0034】次に h_* の値によってXを以下のように定める。

$h_* < \pi/3$ のとき

$X = M_1 + (M_2 - M_1) \cdot h_* / (\pi/3)$

【0035】 $(\pi/3) \leq h_* < \pi$ のとき

$X = M_2$

【0036】 $\pi \leq h_* < (4/3)\pi$ のとき

$X = M_1 + (M_2 - M_1) \cdot ((4/3)\pi - h_*) / (\pi/3)$

【0037】 $(4/3)\pi \leq h_* < 2\pi$ のとき

$X = M_1$

【0038】このように、円筒座標系で規格化したHS*

$$\nabla^2 \times G(x,y) = \frac{1}{\pi \sigma^4} \left[1 - \frac{r^2}{2\sigma^2} \right] \exp \left[\frac{-r^2}{2\sigma^2} \right] \cdots \text{式 [1]}$$

【0043】ここで、テクスチャ解析による領域分割の結果と、人間が同一の画像を見て手で領域分割した結果とは異なることが多い。よって、上記テクスチャ解析による領域分割の結果をそのまま用いると、両者の結果の異なる部分が人間の目には不自然に感じられる。

【0044】そこで、本発明の第1の実施の形態では、次のステップS22では、画素単位で解析された上記領域分割の結果を、多少の解像度を下げ、量子化している。具体的には、図8(c)に示すように、入力画像を正方形ブロックに分割して、同図(b)に示す領域分割の結果と重ね合わせ、領域の境界に該当する正方形ブロック

* I空間を用いると、明度情報に対してダイナミックレンジの圧縮を施すことのみで、彩度情報(彩度値)に対しても同時に同程度の補正が可能となる。この点について図5を用いて説明する。図5は、円筒座標系で規格化したHSI空間のI軸とS軸を通る平面と双六角錐カラーモデルとの対応関係を示す図である。この図に示すように、円筒座標系で規格化したHSI空間において明度値を I_1 から I_2 へ濃度変換すると、双六角錐カラーモデルにおいては、明度値の変化すると同時に彩度値も S_1 から S_2 へと変換されている。

【0039】色形式変換手段3の出力である明度値 I_1 はダイナミックレンジ改善処理部4に入力される。ダイナミックレンジ改善処理部4は、図2のステップS2に示すように、明度値 I_1 に対して所定のダイナミックレンジ改善処理を施す。

【0040】図1に示すように、ダイナミックレンジ改善処理部4は、領域分割手段6と、濃度変換曲線作成手段7と、濃度変換手段8とから構成されている。そして、図6に示すように、濃度変換曲線作成手段7は、濃度ヒストグラム作成手段11、エントロピー算出手段12、エッジ度合算手段13、コントラスト操作クリップ値決定手段14、濃度シフト操作クリップ値決定手段15、第1クリッピング手段16、第2クリッピング手段17、および累積ヒストグラム作成手段18から構成されている。

【0041】領域分割手段6は、図7のステップS21～S22に示されているように、入力された明度画像に対して領域分割と、領域境界の空間的量子化を行う。まず、ステップS21では、入力画像のテクスチャを解析し、この解析結果に基づいて入力画像を複数の領域に分割する。本発明の第1の実施の形態では、下記の式[1]に示すLOG(Laplacian Of Gaussian)フィルタを入力画像に演算するフィルタリング処理により領域を決定している。図8(a)に示す画像を領域分割した結果を図8(b)に示す。

【0042】

【数1】

果と重ね合わせ、領域の境界に該当する正方形ブロックについては、領域の占有率に応じていずれの領域に属するかを決定する。これにより、図8(b)に示す領域分割の結果が、同図(d)に示すように量子化される。

【0045】領域分割手段6で空間的に量子化された画像データは濃度変換曲線作成手段7内の濃度ヒストグラム作成手段11に入力される。濃度ヒストグラム作成手段11では、図7のステップS23に示すように、濃度ヒストグラムを領域毎に作成する。

【0046】濃度変換曲線作成手段7では、基本的に

は、濃度ヒストグラムを領域毎に作成し、次に累積ヒストグラムを領域毎に作成して、その累積ヒストグラムを用いて濃度変換を行う。しかし、この基本処理のみでは、例えば図9(a)に示す濃度ヒストグラムから同図(b)に示す累積ヒストグラムが作成され、入力濃度 I_0 を出力濃度 I_0 に濃度変換する場合、濃度ヒストグラムの頻度の高い濃度部分で累積ヒストグラムの値が急激に変化するため、過度にコントラストが強調されてしまう。

【0047】そこで、本発明の第1の実施の形態では、第1のクリップ値を導入することで過度のコントラスト強調を防止している。すなわち、図10(a)に示すように、濃度ヒストグラムに対して第1のクリップ値 CL を設定し、第1のクリップ値 CL より上の部分をクリップして取り出す。そして、図10(b)に示すように、上記クリップした部分を総和を平均化し、元の濃度ヒストグラムの下側に配置する。つまり、第1のクリップ値 CL 以上の部分のヒストグラムの総和の平均値が濃度ヒストグラムのバイアス値となっている。図10(c)の曲線 A_1 はクリップを行う前の濃度ヒストグラムから作成した累積ヒストグラムであり、曲線 A_2 はクリップ後の濃度ヒストグラムから作成した累積ヒストグラムである。二つの曲線の比較から明らかなように、クリップを行うことにより、累積ヒストグラムの値の急激な変化がなくなる。したがって、過度にコントラストが強調される事態が防止される。ここで、第1のクリップ値 CL が大きいと、濃度ヒストグラムの平滑化の度合いが大きく、第1のクリップ値 CL が小さいと、濃度ヒストグラムの平滑化の度合いが小さい。

【0048】ここで、図11(a)に示すような、既に濃度ヒストグラムの濃度値のばらつきが大きい、換言すればダイナミックレンジの広い領域については、ダイナミックレンジの狭い画像出力装置で出力しても、細部情報が消失しにくい。一方、図11(b)に示すような、濃度ヒストグラムの濃度値のばらつきが小さい、すなわちダイナミックレンジの狭い領域については、ダイナミックレンジの狭い画像出力装置で出力すると、細部情報が消失するおそれがあるため、濃度ヒストグラムを平滑化してダイナミックレンジを広げる必要がある。

【0049】そこで、本発明の第1の実施の形態では、領域毎に濃度ヒストグラムの濃度値のばらつき具合を求め、このばらつき具合に応じて、濃度ヒストグラムの平滑化の度合いを左右するクリップ値 CL を決定する。具体的には、エントロピー算出手段12が下記の式[2]を用いてエントロピー H を算出し、図11(c)に示す特性を用いて第1のクリップ値 CL を求める。

【0050】

【数2】

$$E = \sum_{n=0}^N \{-p(n) \log p(n)\} \quad \cdots \text{式 [2]}$$

$p(n)$: 濃度 n の出現頻度

【0051】このとき、空や白壁のような、元々全体に濃度差の少ない物体を含む領域の場合、濃度ヒストグラムの濃度値のばらつき具合のみでヒストグラムの平滑化の度合いであるクリップ値を決定すると、過剰な処理が行われる可能性がある。そこで、本発明の第1の実施の形態では、テクスチャの複雑さを加味してクリップ値を再決定する。

【0052】テクスチャの複雑さを示す指標として、ここでは、領域分割の一手法として提案したLOGフィルタとの演算によって取得される、エッジ抽出結果を用いる。 σ 値(空間定数)が大小2種類のLOGフィルタを画像に演算するフィルタリング処理を行うと、その σ 値の大きさにより異なるエッジ抽出画像が取得される。その結果例を図12に示す。この図の(a)、(b)において右上部の太線で囲まれた領域は空を示している。この図から明らかなように、空など、人間が見て濃度差の無い部分に関しては、 σ 値の大小にかかわらず、その領域内の画像のエッジ数の差異は少ない。そこで、この特徴をテクスチャの複雑さを表す値として採用し、以下の式[3]によりクリップ値を再決定し、エッジ数の差異の小さい領域に関しては、平滑化の度合いを小さくする。

【0053】

【数3】

$$CL_{\text{new}} = CL_{\text{old}} \times \left[1 - \frac{\text{edge}_{\text{small}}}{\text{edge}_{\text{large}}} \right] \quad \cdots \text{式 [3]}$$

【0054】この式において、 CL_{old} は領域内の濃度のばらつき具合のみを基に決定したクリップ値、 CL_{new} は新しく決定したクリップ値、 $\text{edge}_{\text{small}}$ 、 $\text{edge}_{\text{large}}$ はそれぞれ σ 値が小、大の領域内のエッジ数である。ここで、 $\text{edge}_{\text{small}}$ 、 $\text{edge}_{\text{large}}$ は、エッジ度合算手段13により算出され、 CL_{new} はコントラスト操作クリップ値決定手段14により算出される。そして、第1クリッピング手段16により、クリップが実行される。

【0055】以上説明した、領域毎に行われるヒストグラムの平滑化は元来画像処理におけるコントラスト強調の手法であるため、そのテクスチャの種類によっては不自然な結果を生むことがある。例として人間の肌があげられる。特に、カラー画像に適用した場合、その色の差が顕著になり、あらが目立つ結果となる。そこで、本発明の第1の実施の形態では、ヒストグラムの平滑化の度合い、つまりコントラスト強調の度合いを弱め、かつ出力の際に生じる情報の消失を防ぐために、領域の明るさ補正を行う手法として第2のクリップ値を導入する。

10

20

30

40

50

【0056】第2のクリップ値は濃度ヒストグラムの下部に設定される。図13(a)に示すように、濃度ヒストグラムの全ての濃度値において、第2のクリップ値CL₂以下の部分を取り去り、その総和を最小濃度値(0)もしくは最大濃度値(255)の頻度に足し合わせる。なお、図13(b)は最小濃度値に足し合わせた場合を示した。そして、このようにクリップされた濃度ヒストグラムを用いて、累積ヒストグラムを作成し、それを正規化したものを濃度変換曲線とする。図13(c)の曲線A₁はクリップを行う前の濃度ヒストグラムから作成した累積ヒストグラムであり、曲線A₂はクリップ後の濃度ヒストグラムから作成した累積ヒストグラムである。この濃度変換曲線の形状から分かるように、第2のクリップ値を導入することにより、コントラスト強調の度合いが弱まり、かつ領域全体の明るさ均一に変化した結果を得ることができる。ここで、濃度シフト操作クリップ値決定手段15により第2のクリップ値が決定され、第2クリッピング手段17によりクリップが実行される。第2のクリップ値は、第1のクリップ値と比例関係を持たせることが好適である。

【0057】そして、累積ヒストグラム作成手段18により、第1クリッピング手段16および第2クリッピング手段17でクリップされた濃度ヒストグラムを用いて、累積ヒストグラムが作成される。以上説明したエントロピー*

$$g(x,y) = \frac{j-i}{j} \left[\frac{1-i}{1} g_1 + \frac{i}{1} g_2 \right] + \frac{j}{j} \left[\frac{1-i}{1} g_3 + \frac{i}{1} g_4 \right] \dots \text{式 [4]}$$

【0061】濃度変換手段8から出力された、濃度変換処理を施された明度画像情報I_mは、色形式逆変換手段5に入力される。色形式逆変換手段5は、図2のステップS4に示すように、前記明度画像情報I_mと、色形式変換手段3の出力である色相情報Hおよび彩度情報Sとを用いて、ダイナミックレンジの改善されたRGB原色カラー画像情報を生成する。このカラー画像情報は、図示されていないプリンタやモニタに入力され、印刷あるいは表示される。

【0062】(第2の実施の形態) 本発明の第2の実施の形態は、明度値を明度範囲の中央のレベルに近づけることにより、彩度のダイナミックレンジを広げて画像の視認性を向上させることが特徴である。

【0063】図15は本発明の第2の実施の形態の撮像装置の構成を示すブロック図であり、図16はその撮像装置における処理の流れの概要を示すフロー図である。これらの図において、図1あるいは図2と同一または対応する構成要素には、それらの図に使用した符号と同一の符号を付した。

* 算出手段12から第1クリッピング手段16および第2クリッピング手段17までの動作は図7のステップS24に対応し、累積ヒストグラム作成手段18の動作はステップS25に対応する。

【0058】累積ヒストグラム作成手段18で作成された濃度変換曲線は、濃度変換手段8へ出力される。濃度変換手段8は、ステップS26に示すように、領域毎に異なる累積ヒストグラムを濃度変換曲線として領域内の各画素の濃度変換を行う。ただし、領域の境界が不連続にならないようにするために、境界に該当する正方形ブロック内の各画素については、以下のような線形補間処理を行う。

【0059】図14(a)に示すように、注目画素の濃度値を、この画素が属するブロックB₁、および近傍の三つのブロックB₂、B₃、B₄のそれぞれの濃度変換曲線を用いて濃度変換し、変換後の濃度値g₁、g₂、g₃、g₄を得る。次に、下記の式[4]に基づいて、線形補間後の濃度値g(x,y)を算出する。つまり、前記濃度値g₁、g₂、g₃、g₄を、四つのブロックB₁、B₂、B₃、B₄の中心から注目画素までの距離に応じて重み付けする。

【0060】

【数4】

【0064】本発明の第2の実施の形態では、図15に示すように、彩度強調処理部21と、セレクト22とを設け、図16のステップS3に示すように、彩度情報補正のための明度情報処理を行うことが特徴であり、その他の構成および動作は前述した本発明の第1の実施の形態と同じである。

【0065】彩度情報補正のための明度情報処理は、色の鮮やかさ情報のダイナミックレンジを広げるために明度値に対して以下の処理を加えるものである。彩度値がある程度の大きさを持っている場合、つまり図4の円筒座標系においてI軸から離れているほど、彩度値のダイナミックレンジがより広くなる方向へ明度値を移動させる処理を行う。この処理により、彩度値がある程度大きい場合、色の鮮やかさがより分かりやすくなることで、画像の視認性を向上させることができる。ここで、彩度値のダイナミックレンジがより広くなる方法とは、図17に示すように、明度値を最大値の1/2(明度値の範囲が0~255の場合、128)に近づける方向である。具体的には、彩度情報処理部21により、各画素に対

して、 $I < 128$ の場合には下記の式 [5] によって、また $I \geq 128$ の場合には下記の式 [6] によって明度値を算出する。

【0066】

$$I_{s2} = I_i + (S \times \Delta_{max}) \quad \cdots \text{式 [5]}$$

【0067】

$$I_{s2} = I_i - (S \times \Delta_{max}) \quad \cdots \text{式 [6]}$$

【0068】これらの式において、 I_{s2} は移動後の明度値、 I_i は元の明度値、 S は彩度値、 Δ_{max} は移動最大値である。したがって、式 [5]、[6] は、0~1 の値を持つ彩度値 S に対して、移動最大値 Δ_{max} を掛け合わせた後、元の明度値が 128 より小さいときは足し合わせ、大きいときは引くことを意味する。図 18 に $I < 128$ の場合の一例を示した。

【0069】彩度強調処理部 21 で算出された、式 [5] または [6] の明度値 I_{s2} は、ダイナミックレンジ改善処理部 4 によって第 1 の実施の形態と同じ処理を施され出力された明度値 I_{s1} とともにセレクタ 22 に入力される。そして、より 128 に近いほうがその画素の明度値 I_{s2} として採用され、色形式逆変換手段 5 に入力される。

【0070】このように、本発明の第 2 の実施の形態によれば、第 1 の実施の形態の効果に加えて、彩度値がある程度大きい場合、色の鮮やかさをより分かりやすくなることで、画像の視認性を向上させることができる。

【0071】なお、本発明は以上説明した実施の形態に限定されるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、上記第 1 の実施の形態において、上記 RGB→HSI 変換、HSI→RG 変換に要する時間を短縮するために下記 (1) ~ (3) のように処理しても良い。

【0072】(1) RGB 値から明度値 I を算出し、同時に RGB 値を保存する。

(2) 明度値に対するダイナミックレンジ改善処理を実行する。

【0073】(3) (1) で保存した RGB 値を基に、RGB カラー画像を再算出する。つまり、彩度情報、色相情報を算出しないことが相違する。処理後のカラー画像データは第 1 の実施の形態と同じである。

【0074】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明のカラー画像処理方法および処理装置によれば、円筒座標系で規格化した色相/彩度/明度空間の明度値に対してダイナミックレンジ改善処理を施すことで、彩度値に対しても同時に同程度の改善処理が可能となる。

【0075】また、本発明のカラー画像処理方法によれば、第 1 のクリップ値を導入することにより、濃度ヒストグラムに頻度の高い濃度部分があったとしても、過度のコントラスト強調を防止することができる。

【0076】さらに、本発明のカラー画像処理方法によれば、各領域のテクスチャの複雑さを加味して第 1 のク

リップ値を決定することにより、濃度差の少ない物体を含む領域に対する過剰なコントラスト強調処理を防止することができる。

【0077】そして、本発明のカラー画像処理方法によれば、第 2 のクリップ値を導入することにより、コントラスト強調の度合いを弱め、かつ領域全体の明るさ均一にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態の撮像装置の構成を示すブロック図、

【図 2】図 1 の撮像装置におけるカラー画像処理の流れの概要を示すフロー図、

【図 3】双六角錐カラーモデルを説明するための図、

【図 4】円筒座標系で規格化した HSI 空間を説明するための図、

【図 5】円筒座標系で規格化した HSI 空間と双六角錐カラーモデルとの対応関係を示す図、

【図 6】図 1 の撮像装置における濃度変換曲線作成手段の構成を示すブロック図、

【図 7】図 1 の撮像装置におけるダイナミックレンジ改善処理部の処理の流れの概要を示すフロー図、

【図 8】図 1 のダイナミックレンジ改善処理部における領域分割手段の動作を説明するための図、

【図 9】ヒストグラムの平滑化を説明するための図、

【図 10】第 1 のクリップ値を説明するための図、

【図 11】第 1 のクリップ値の決定方法を説明するための図、

【図 12】 σ 値の異なるエッジ抽出画像の取得例を示す図、

【図 13】第 2 のクリップ値を説明するための図、

【図 14】濃度変換手段における線形補間方法を説明するための図、

【図 15】本発明の第 2 の実施の形態の撮像装置の構成を示すブロック図、

【図 16】図 15 の撮像装置におけるカラー画像処理の流れの概要を示すフロー図、

【図 17】図 15 の撮像装置における彩度情報補正のための明度情報処理を説明するための図、

【図 18】図 17 の明度情報処理を実現する方法を説明するための図、

【図 19】従来の階調補正の方法を説明するための図である。

【符号の説明】

3 色形式変換手段

4 ダイナミックレンジ改善処理部

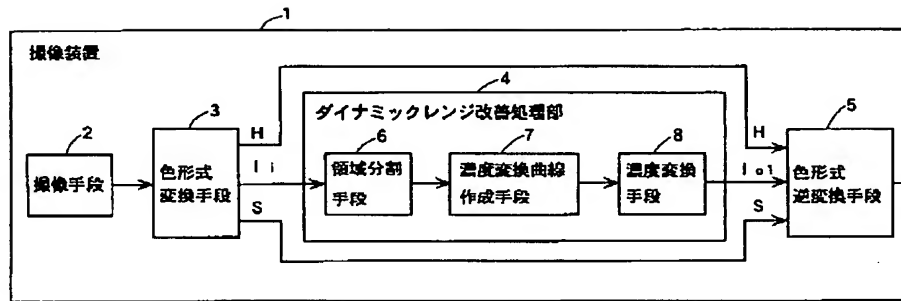
5 色形式逆変換手段

6 領域分割手段

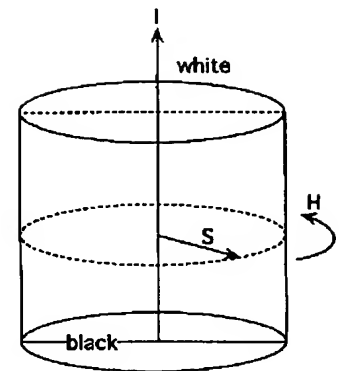
7 濃度変換曲線作成手段

8 濃度変換手段

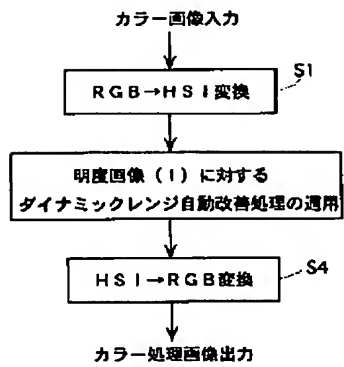
【図1】



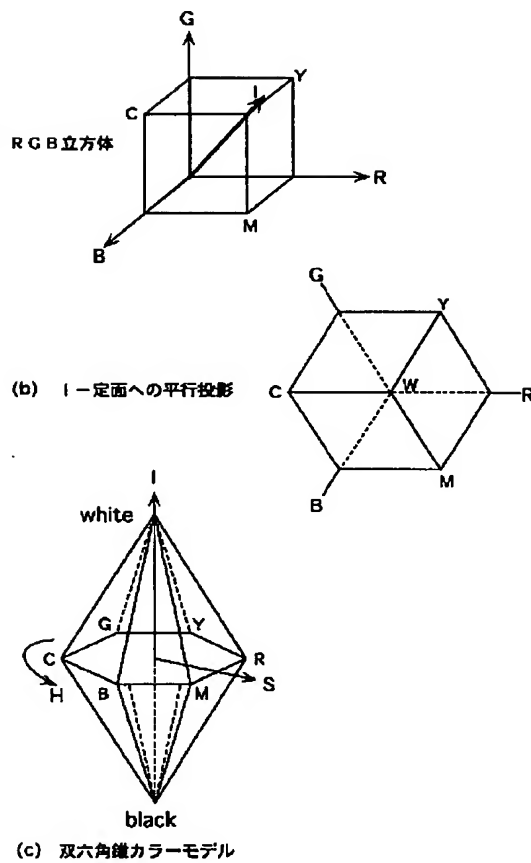
【図4】



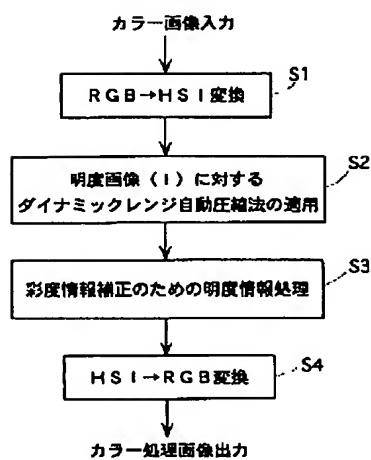
【図2】



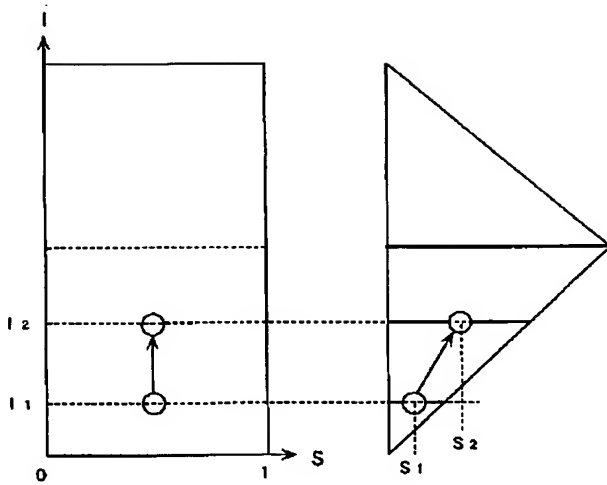
【図3】



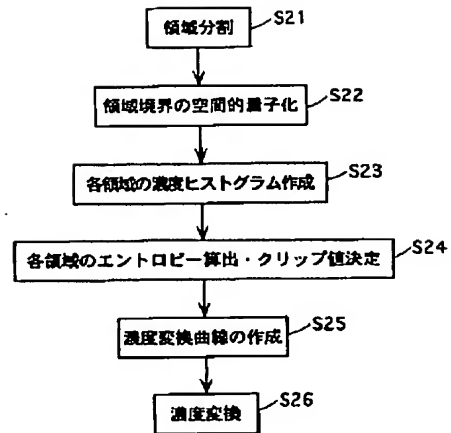
【図16】



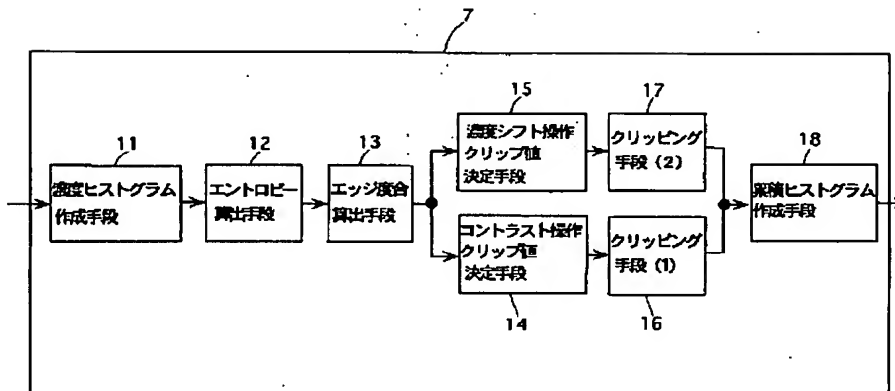
【図 5】



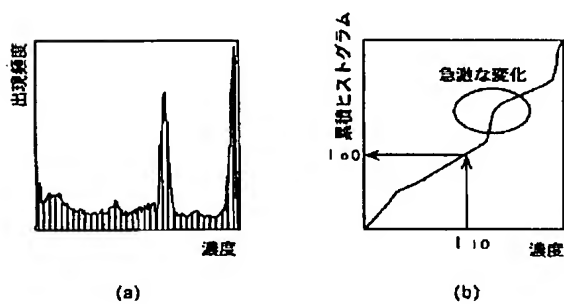
【図 7】



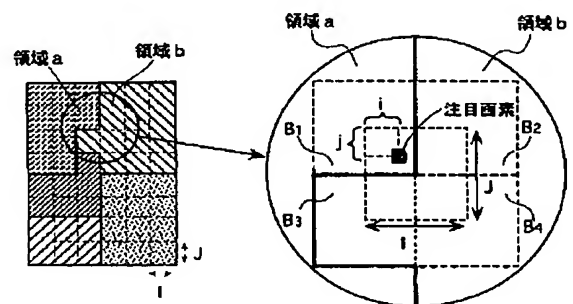
【図 6】



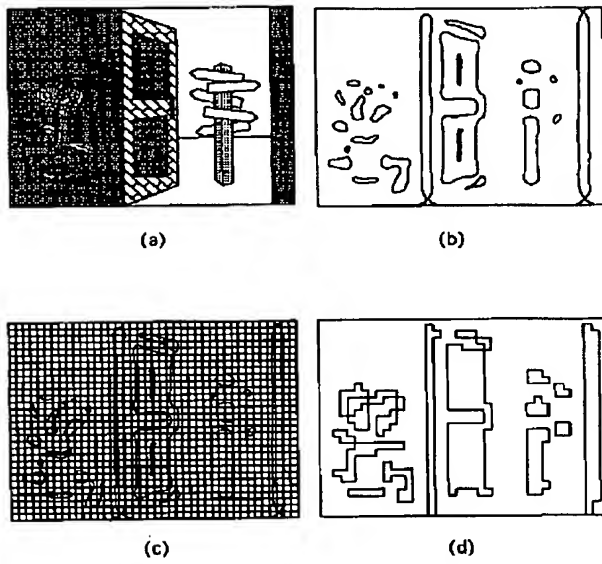
【図 9】



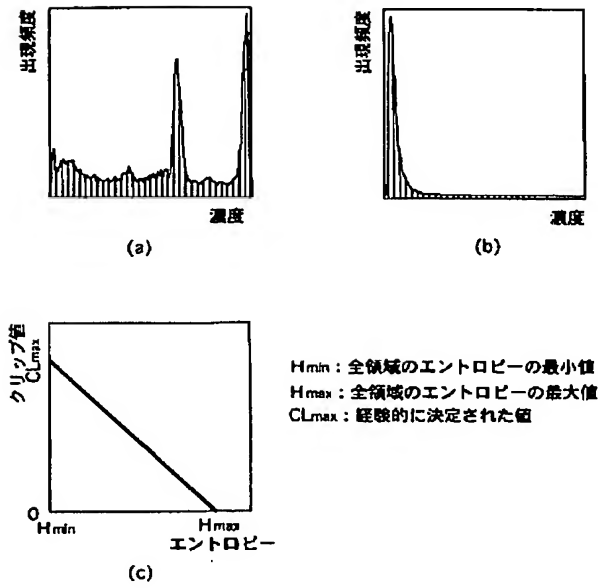
【図 14】



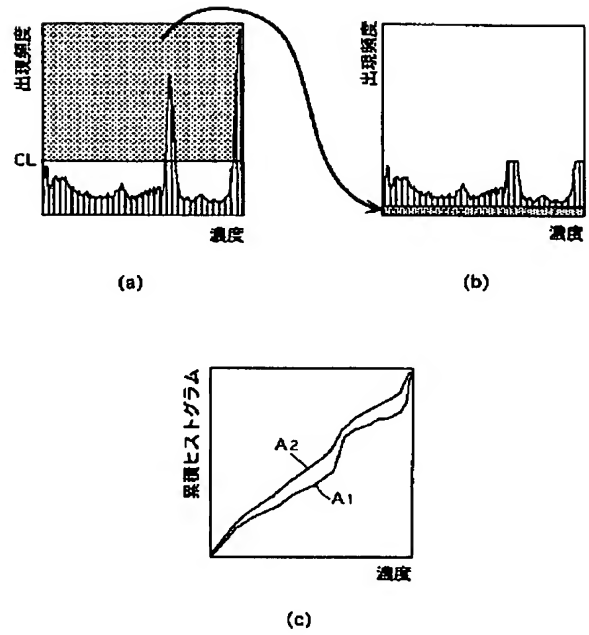
【図8】



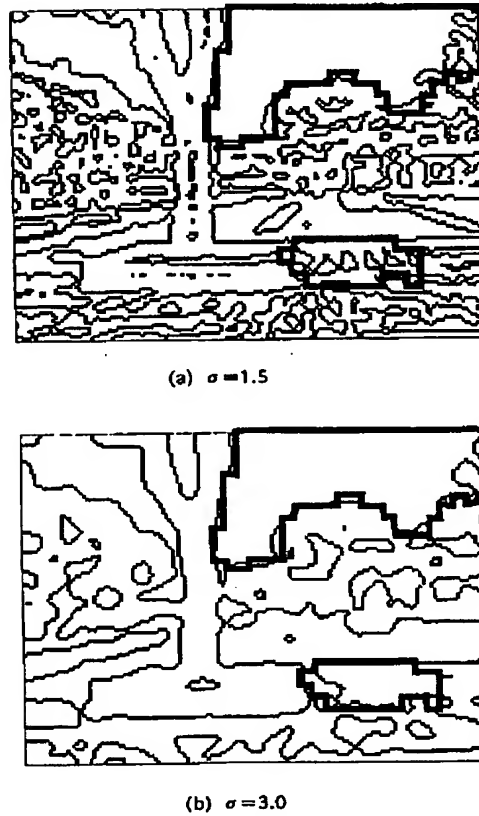
【図11】



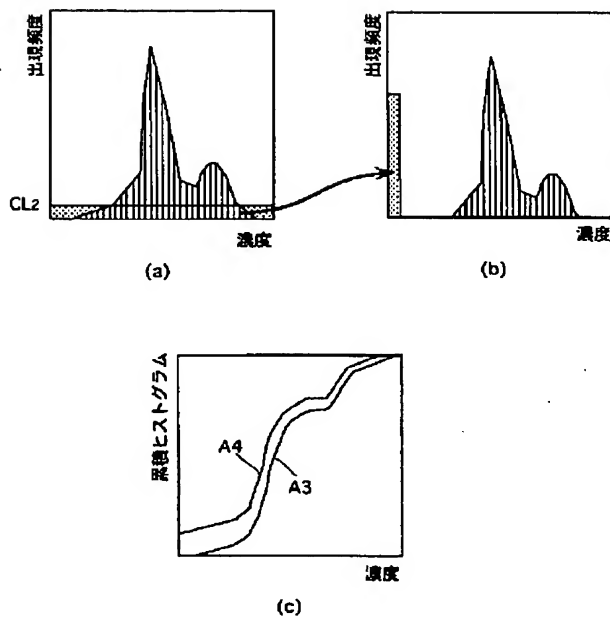
【図10】



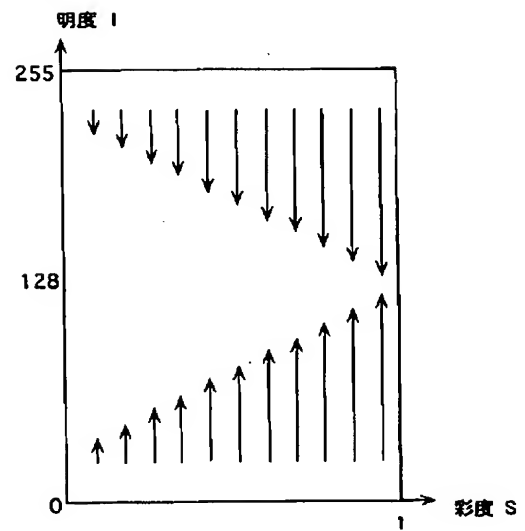
【図12】



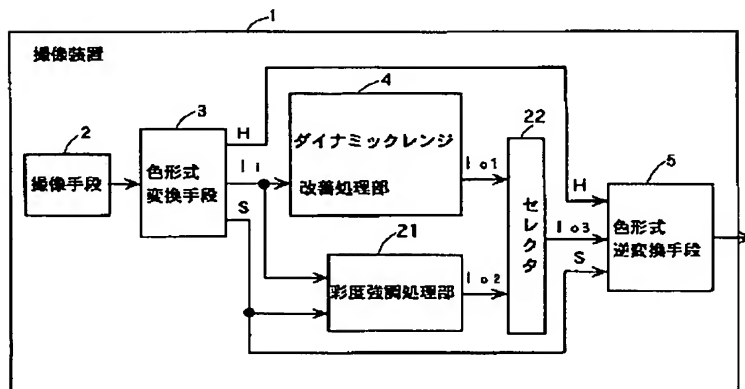
【図13】



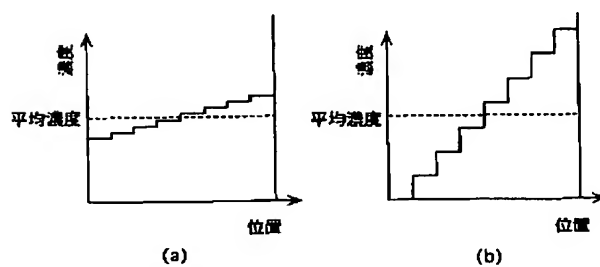
【図17】



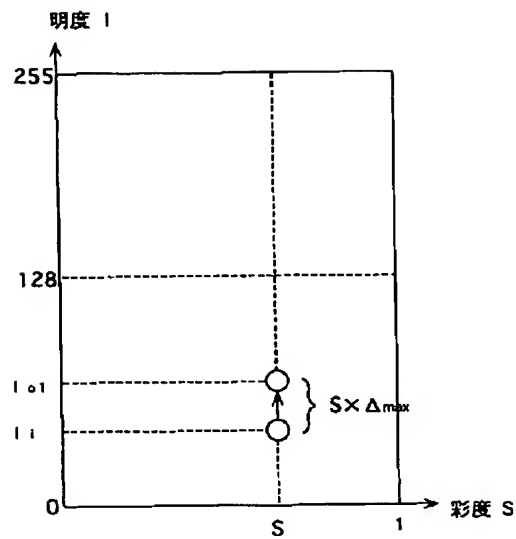
【図15】



【図19】



【図 18】



フロントページの続き

(72)発明者 今井 聡子

神奈川県横浜市港北区日吉三丁目14番1号
慶應義塾大学理工学部内

Fターム(参考) 5B057 CA01 CA08 CA12 CB01 CB08
CB12 CC02 CE05 CE17 CH18
DA08 DB02 DB06 DB09 DC23
DC25
5C066 AA01 CA07 EA03 EA11 EA19
EC01 EE04 GA01 KA08 KE05
KM02
5C077 LL19 MP08 PP02 PP14 PP15
PP21 PP31 PP32 PP35 PP37
PP47 PQ19 TT09
5C079 HB01 HB06 HB11 LA12 LA15
LA39 LB02 MA11 NA00 PA00